



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

①⑫ **Offenlegungsschrift**
①⑩ **DE 100 22 891 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
G 01 F 23/296

②① Aktenzeichen: 100 22 891.7
②② Anmeldetag: 10. 5. 2000
②③ Offenlegungstag: 15. 11. 2001

DE 100 22 891 A 1

⑦① Anmelder:
Endress + Hauser GmbH + Co., 79689 Maulburg, DE

⑦④ Vertreter:
Andres, A., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 79589 Binzen

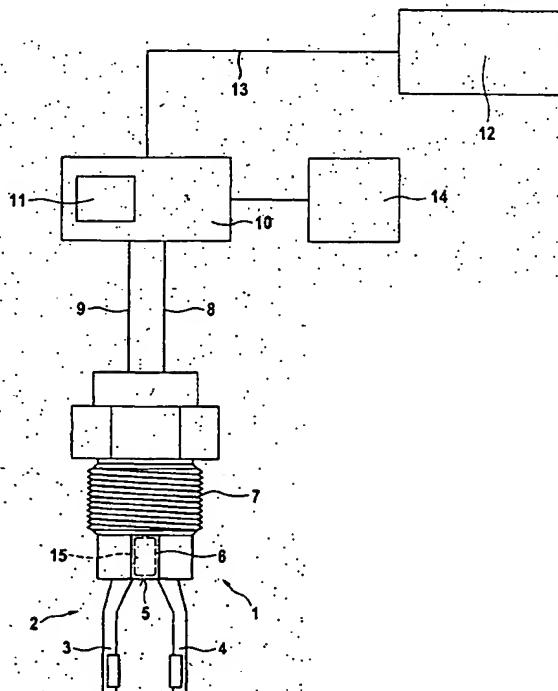
⑦② Erfinder:
Brutschin, Wolfgang, 79650 Schopfheim, DE;
Lopatin, Sergej, 79540 Lörrach, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
EP 09 85 916 A1
EP 09 03 563 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Vorrichtung zur Feststellung und/oder Überwachung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Feststellung und/oder Überwachung des Füllstandes eines Füllguts in einem, wobei eine an einer Membran (5) befestigte schwingfähige Einheit (2) vorgesehen ist, wobei die schwingfähige Einheit (2) auf der Höhe des vorbestimmten Füllstandes angebracht, wobei eine Sende-/Empfangseinheit (6) vorgesehen ist, die die Membran (5) und die schwingfähige Einheit (2) mit einer vorgegebenen Sendefrequenz zu Schwingungen anregt und die die Schwingungen der schwingfähigen Einheit (2) empfängt, und wobei eine Regel-/Auswerteeinheit (10) vorgesehen ist, die das Erreichen des vorbestimmten Füllstandes erkennt, sobald eine vorgegebene Frequenzänderung auftritt bzw. die anhand der Schwingfrequenz der schwingfähigen Einheit (2) die Dichte des Füllguts ermittelt. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Sende-/Empfangseinheit (6) eines Vibrationsdetektors (1) derart zu verbessern, daß der Einfluß von Störsignalen minimiert wird. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß es sich bei der Sende-/Empfangseinheit (6) um ein scheibenförmiges piezoelektrisches Element (15) handelt, auf dessen erster Seite (16) eine Elektrodenstruktur (18) vorgesehen ist, wobei die Elektrodenstruktur (18) zumindest zwei Sendelektroden (20, 21) und zwei Empfangselektroden (18, 19) aufweist und wobei jeweils die erste Sendelektrode (20) der zweiten Sendelektrode (21) bzw. wobei die erste Empfangselektrode (18) der zweiten Empfangselektrode (19) im wesentlichen ...



DE 100 22 891 A 1

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zur Feststellung und/oder Überwachung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter bzw. zur Ermittlung der Dichte eines Mediums in dem Behälter, wobei eine an einer Membran befestigte schwingfähige Einheit vorgesehen ist, wobei die schwingfähige Einheit auf der Höhe des vorbestimmten Füllstandes angebracht ist bzw. wobei die schwingfähige Einheit so angebracht ist, daß sie bis zu einer definierten Eintauchtiefe in das Medium eintaucht, wobei eine Sende-/Empfangseinheit vorgesehen ist, die die Membran und die schwingfähige Einheit mit einer vorgegebenen Erregerfrequenz zu Schwingungen anregt und die die Schwingungen der schwingfähigen Einheit empfängt, und wobei eine Regel-/Auswerteeinheit vorgesehen ist, die das Erreichen des vorbestimmten Füllstandes erkennt, sobald eine vorgegebene Frequenzänderung auftritt bzw. die anhand der Schwingfrequenz der schwingfähigen Einheit die Dichte des Mediums ermittelt.

[0002] Es sind bereits Vorrichtungen mit zumindest einem Schwingelement, sog. Vibrationsdetektoren, zur Detektion bzw. zur Überwachung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter bekannt geworden. Bei dem Schwingelement handelt es sich üblicherweise um zumindest einen Schwingstab, der an einer Membran befestigt ist. Die Membran wird über einen elektromechanischen Wandler, z. B. ein piezoelektrisches Element, zu Schwingungen angeregt. Aufgrund der Schwingungen der Membran führt auch das an der Membran befestigte Schwingelement Schwingungen aus.

[0003] Als Füllstandsmeßgeräte ausgebildete Vibrationsdetektoren nutzen den Effekt aus, daß die Schwingungsfrequenz und die Schwingungsamplitude abhängig sind von dem jeweiligen Bedeckungsgrad des Schwingelements: Während das Schwingelement in Luft frei und ungedämpft seine Schwingungen ausführen kann, erfährt es eine Frequenz- und Amplitudenänderung, sobald es teilweise oder vollständig in das Füllgut eintaucht. Anhand einer vorbestimmten Frequenzänderung (üblicherweise wird die Frequenz gemessen) läßt sich folglich ein eindeutiger Rückschluß auf das Erreichen des vorbestimmten Füllstandes des Füllguts in dem Behälter ziehen. Füllstandsmeßgeräte werden übrigens vornehmlich als Überfüllsicherungen oder zum Zwecke des Pumpenleerlaufschutzes verwendet.

[0004] Darüber hinaus wird die Dämpfung der Schwingung des Schwingelements auch von der jeweiligen Dichte des Füllguts beeinflusst. Daher besteht bei konstantem Bedeckungsgrad eine funktionale Beziehung zur Dichte des Füllguts, so daß Vibrationsdetektoren sowohl für die Füllstands- als auch für die Dichtebestimmung bestens geeignet sind. In der Praxis werden zwecks Überwachung und Erkennung des Füllstandes bzw. der Dichte des Füllguts in dem Behälter die Schwingungen der Membran aufgenommen und mittels zumindest eines Piezoelements in elektrische Empfangssignale umgewandelt. Die elektrischen Empfangssignale werden anschließend von einer Auswertelektronik ausgewertet. Im Falle der Füllstandsbestimmung überwacht die Auswertelektronik die Schwingungsfrequenz und/oder die Schwingungsamplitude des Schwingelements und signalisiert den Zustand "Sensor bedeckt" bzw. "Sensor unbedeckt", sobald die Meßwerte einen vorgegebenen Referenzwert unter- oder überschreiten. Eine entsprechende Meldung an das Bedienpersonal kann auf optischem und/oder auf akustischem Weg erfolgen. Alternativ oder zusätzlich wird ein Schaltvorgang ausgelöst; so wird etwa ein Zu- oder Ablaufventil an dem Behälter geöffnet oder geschlossen.

[0005] Aus der EP 0 985 916 A1 ist eine äußerst vorteil-

hafte Variante einer Sende-/Empfangseinheit bekannt geworden, über die einerseits die Membran des Vibrationsdetektors zu Schwingungen angeregt wird und über die andererseits die Schwingungen der Membran aufgenommen und in elektrische Signale umgewandelt werden. Die Sende- und die Empfangselektrode haben jeweils im wesentlichen eine halbkreisförmige Ausgestaltung und sind auf derselben Seite eines scheibenförmigen piezoelektrischen Elements angeordnet; das piezoelektrische Element selbst ist homogen polarisiert und hat einen kreisförmigen Querschnitt. Sende- und Empfangselektrode sind symmetrisch zu einer in der Membranebene liegenden Achse positioniert, wobei die Achse einer Diagonalen der Kreisfläche des piezoelektrischen Elements entspricht.

[0006] Das piezoelektrische Element trägt auf der Seite, die der die Elektrodenstruktur tragenden Seite des piezoelektrischen Elements gegenüberliegt, näherungsweise ganzflächig eine Massenelektrode. Falls die Membran und das Gehäuse des Vibrationsdetektors leitfähig sind, genügt es, die Masseelektrode über die Membran in elektrischen Kontakt mit dem Gehäuse zu bringen. Darf aus sicherheitstechnischen Gründen keine elektrisch leitende Verbindung zwischen der Membran bzw. dem Gehäuse und dem piezoelektrischen Element bestehen, so ist zwischen der Membran und dem piezoelektrischen Element eine Isolierschicht angeordnet. In diesem Fall liegt die Masseelektrode über eine Anschlußelektrode, die auf der die Elektrodenstruktur tragenden Seite des piezoelektrischen Elements angeordnet ist, auf Masse.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Sende-/Empfangseinheit eines Vibrationsdetektors derart zu verbessern, daß der Einfluß von Störsignalen minimiert wird.

[0008] Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß es sich bei der Sende-/Empfangseinheit um ein scheibenförmiges piezoelektrisches Element handelt, auf dessen erster Seite eine Elektrodenstruktur vorgesehen ist, wobei die Elektrodenstruktur zumindest zwei Sendeelektroden und zwei Empfangselektroden aufweist und wobei jeweils die erste Sendeelektrode der zweiten Sendeelektrode bzw. wobei die erste Empfangselektrode der zweiten Empfangselektrode im wesentlichen punktsymmetrisch gegenüberliegt.

[0009] Die erfindungsgemäße Lösung bringt gleich mehrere Vorteile:

1. Die Nutzung einer piezoelektrischen Scheibe als Sende-/Empfangseinheit führt dazu, daß der entsprechende Platzbedarf in dem Vibrationsdetektor gering bemessen sein kann.
2. Die scheibenförmige piezoelektrische Sende-/Empfangseinheit ist relativ einfach zu fertigen.
3. Infolge der symmetrischen Anordnung von Sende- und Empfangselektroden sind die Anschlüsse für die beiden Elektrodenpaare problemlos austauschbar. Eine fehlerhafte Kontaktierung der Elektroden ist daher ausgeschlossen.
4. Die elektrische Kontaktierung kann auf einfache Weise von einer Seite her z. B. im Reflow-Verfahren erfolgen, da Elektroden und Gegenelektroden der Sende-/Empfangseinheit auf derselben Seite des piezoelektrischen Elements angeordnet sind.

[0010] Gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, daß die Sendeelektroden und/oder die Empfangselektroden der Sende-/Empfangseinheit im wesentlichen formgleich sind. Dies ist besonders vorteilhaft im Hinblick auf die bereits zuvor erwähnten Vorzüge, die sich aus einem symmetrischen Auf-

bau der Elektrodenstruktur ergeben.

[0011] Eine bevorzugte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung schlägt darüber hinaus vor, daß die Sendelektroden und/oder die Empfangselektroden die Form von 90°-Kreissegmenten aufweisen.

[0012] Gemäß einer vorteilhaften Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist vorgesehen, daß die erste und die zweite Sendelektrode bzw. daß die erste und die zweite Empfangselektrode entgegengesetzt polarisiert sind. Bevorzugt kommt ein Inverter zum Einsatz, der das an einer der beiden Sendelektroden der Sendeeinheit anliegende Sendesignal invertiert. Weiterhin schlägt eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Vorrichtung einen Differenzverstärker vor, an dessen Eingängen die an den beiden Empfangselektroden abgegriffenen Empfangssignale anliegen. Durch die Ausgestaltung wird eine wesentliche Erhöhung der Störfestigkeit gegenüber Gleichtaktstörungen, z. B. Netzbrummen oder Fremdvibrationen, erreicht. Bei bekannten Vorrichtungen wurden Gleichtaktstörungen bislang dadurch ausgeschaltet, daß in der Elektronik eine galvanische Trennung vorgesehen war. Bei der erfindungsgemäßen Lösung kann der für die galvanische Trennung erforderliche Übertrager vollständig eingespart werden, was sich in einer bemerkenswerten Senkung der Herstellungskosten niederschlägt.

[0013] Gemäß einer alternativen Ausbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird vorgeschlagen, daß die Sendelektroden und die Empfangselektroden der Sendeeinrichtung gleichsinnig polarisiert sind, wobei die beiden Sendelektroden und die beiden Empfangselektroden punktsymmetrisch zueinander angeordnet sind. Störsignale, die auf Fremdvibrationen zurückzuführen sind, werden eliminiert, da sie betragsmäßig gleich sind, aber ein entgegengesetztes Vorzeichen aufweisen.

[0014] Weiterhin ist bezüglich der beiden Varianten der erfindungsgemäßen Vorrichtung vorgesehen, daß das piezoelektrische Element auf der zweiten Seite, welche der die Elektrodenstruktur tragenden ersten Seite gegenüberliegt, zumindest teilweise mit einer leitfähigen Beschichtung versehen ist. Diese Ausgestaltung kann sowohl in Verbindung mit gleichsinnig als auch mit gegensinnig polarisierten Sendelektroden und/oder Empfangselektroden verwendet werden.

[0015] Um die Fertigung zu erleichtern, insbesondere um die Sendeeinrichtung in einem Verfahrensschritt über z. B. ein Reflow-Verfahren kontaktieren zu können, ist auf der die Elektrodenstruktur tragenden Seite des piezoelektrischen Elements eine Anschlußelektrode vorgesehen, die in zumindest einem Bereich mit der die Masselektrode bildenden leitfähigen Schicht auf der zweiten Seite des piezoelektrischen Elements verbunden ist.

[0016] Eine bevorzugte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung sieht vor, daß die Anschlußelektrode streifenförmig ausgebildet ist und die Seite des piezoelektrischen Elements, die die Elektrodenstruktur trägt, vorzugsweise in zwei Hälften gleicher Fläche unterteilt.

[0017] Die Erfindung wird anhand der nachfolgenden Zeichnungen näher erläutert.

[0018] Es zeigt:

[0019] Fig. 1 eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0020] Fig. 2a eine Draufsicht auf die erste die Elektrodenstruktur tragende Seite des piezoelektrischen Elements gemäß einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0021] Fig. 2b eine Seitenansicht des in Fig. 2a dargestellten piezoelektrischen Elements,

[0022] Fig. 2c eine Draufsicht auf die zweite Seite des piezoelektrischen Elements gemäß der ersten Ausführungs-

form der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0023] Fig. 3 eine Draufsicht auf eine bevorzugte Elektrodenstruktur gemäß der ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

5 [0024] Fig. 4 eine schematische Darstellung der elektrischen Kontaktierung der in den Figuren Fig. 2 bis Fig. 3 gezeigten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

[0025] Fig. 5a eine Draufsicht auf die erste die Elektrodenstruktur tragende Seite des piezoelektrischen Elements gemäß einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

10 [0026] Fig. 5b eine Draufsicht auf die zweite die leitfähige Schicht tragende Seite des piezoelektrischen Elements gemäß der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung und

15 [0027] Fig. 6 ein Blockschaltbild der in den Figuren Fig. 5a und Fig. 5b gezeigten zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

20 [0028] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Feststellung und/oder Überwachung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter – Behälter und Füllgut sind übrigens in der Fig. 1 nicht gesondert dargestellt. Die in der Fig. 1 gezeigte Vorrichtung 1 ist – wie bereits an vorhergehender Stelle erläutert – neben der Füllstandserkennung auch zur Bestimmung der Dichte des in dem Behälter befindlichen Füllguts geeignet. Während im Fall der Füllstandserkennung die schwingfähige Einheit 2 nur bei Erreichen des Grenzfüllstandes in das Füllgut bzw. nicht in das Füllgut eintaucht, muß sie zwecks Überwachung bzw. zwecks Bestimmung der Dichte p kontinuierlich bis zu einer vorbestimmten Eintauchtiefe in das Füllgut eintauchen. Bei dem Behälter kann es sich beispielsweise um einen Tank aber auch um ein Rohr handeln, das von dem Füllgut durchflossen wird.

35 [0029] Die Vorrichtung 1 weist ein im wesentlichen zylindrisches Gehäuse auf. An der Mantelfläche des Gehäuses ist ein Gewinde 7 vorgesehen. Das Gewinde 7 dient zur Befestigung der Vorrichtung 1 auf der Höhe eines vorbestimmten Füllstandes und ist in einer entsprechenden Öffnung des Behälters angeordnet. Es versteht sich von selbst, daß andere Arten der Befestigung, z. B. mittels eines Flansches, das Verschrauben ersetzen können.

40 [0030] Das Gehäuse des Vibrationsdetektors 1 ist an seinem in den Behälter 3 hineinragenden Endbereich von der Membran 5 abgeschlossen, wobei die Membran 5 in ihrem Randbereich in das Gehäuse eingespannt ist. An der Membran 5 ist die in den Behälter ragende schwingfähige Einheit 2 befestigt. Im dargestellten Fall hat die schwingfähige Einheit 2 die Ausgestaltung einer Stimmgabel, umfaßt also zwei voneinander beabstandete, auf der Membran 5 befestigte und in den Behälter hineinragende Schwingstäbe 3, 4.

45 [0031] Die Membran 5 wird von einer Sendeeinrichtung 6 in Schwingungen versetzt, wobei die Sendeeinheit die Membran 5 mit einer vorgegebenen Sendefrequenz zu Schwingungen anregt und die Empfangseinheit die Antwortsignale der schwingfähigen Einheit 2 empfängt. Die erfindungsgemäße Sendeeinrichtung 6 wird im Zusammenhang mit den nachfolgenden Figuren noch im Detail erläutert. Aufgrund der Schwingungen der Membran 5 führt auch die schwingfähige Einheit 2 Schwingungen aus, wobei die Schwingungsfrequenz verschieden ist, wenn die schwingfähige Einheit 2 mit dem Füllgut in Kontakt ist und eine Massenankopplung an das Füllgut besteht oder wenn die schwingfähige Einheit 2 frei und ohne Kontakt mit dem Füllgut schwingen kann.

50 [0032] Piezoelektrische Elemente ändern ihre Dicke in Abhängigkeit von einer in Polarisationsrichtung anliegen-

den Spannungsdifferenz. Liegt eine Wechselspannung an, so oszilliert die Dicke: Nimmt die Dicke zu, so nimmt der Durchmesser des piezoelektrischen Elementes ab; nimmt andererseits die Dicke ab, so vergrößert sich der Durchmesser des piezoelektrischen Elementes entsprechend.

[0033] Aufgrund dieses Schwingungsverhaltens des piezoelektrischen Elements 15 bewirkt die Spannungsdifferenz ein Durchbiegen der in das Gehäuse eingespannten Membran 5. Die auf der Membran 5 angeordneten Schwingstäbe 3, 4 der schwingfähigen Einheit 2 führen aufgrund der Schwingungen der Membran 5 gegensinnige Schwingungen um ihre Längsachse aus.

[0034] Die elektrischen Empfangssignale werden über Datenleitungen 8, 9 an die Regel-/Auswerteeinheit 10 weitergeleitet. Der Regel-/Auswerteeinheit 10 ist eine Speichereinheit 11 zugeordnet, in der Sollwerte abgelegt sind. Das Erreichen eines vorbestimmten Füllstandes oder einer vorbestimmten Dichte wird dem Bedienpersonal im gezeigten Fall über die Ausgabereinheit 14 übermittelt. Weiterhin ist in Fig. 1 die von dem Vibrationsdetektor 1 entfernt angeordnete Kontroll- oder Leitstelle 12 zu sehen. Die Regel-/Auswerteeinheit 10 und die Kontrollstelle 12 kommunizieren miteinander über die Datenleitung 13. Bevorzugt erfolgt die Kommunikation wegen der erhöhten Störsicherheit der Übertragung auf digitaler Basis. Selbstverständlich kann die erfindungsgemäße Lösung auch in einen Kompaktsensor integriert sein.

[0035] Fig. 2a zeigt eine Draufsicht auf die erste die Elektrodenstruktur 24 tragende Seite des piezoelektrischen Elements 15 gemäß einer ersten Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung. In Fig. 2b ist eine Seitenansicht des in Fig. 2a dargestellten piezoelektrischen Elements 15 dargestellt, und Fig. 2c zeigt eine Draufsicht auf die entsprechende zweite Seite 17 des piezoelektrischen Elements 15. Auf der ersten Seite 16 des piezoelektrischen Elements 15 ist eine Elektrodenstruktur 24, bestehend aus vier Elektroden 18, 19, 20, 21, angeordnet. Bei den Elektroden 18, 19, 20, 21 handelt es sich im dargestellten Fall um vier 90°-Kreissegmente, wobei sich jeweils zwei Elektroden 18, 19; 20, 21 punktsymmetrisch bezüglich des Kreismittelpunktes gegenüberliegen. Zwei sich punktsymmetrisch gegenüberliegende Elektroden bilden die Sendelektroden 20, 21; die beiden verbleibenden Elektroden stellen die Empfangselektroden 18, 19 dar.

[0036] Wie bereits zuvor erwähnt, ist auf der zweiten Seite 17 des piezoelektrischen Elements 15 eine metallische Schicht 29 vorgesehen, die die Funktion der Masseelektrode übernimmt. Die Masseelektrode befindet sich auf der der Membran 5 zugewandten Seite des piezoelektrischen Elements 15. Wenn das Gehäuse des Vibrationsdetektors bzw. Dichtesensors 1 und die Membran 5 aus einem elektrisch leitfähigen Material bestehen und auf Massepotential liegen, genügt es, die leitfähige Schicht 29 elektrisch leitend, z. B. mittels eines leitfähigen Klebstoffs oder einer Lötpaste mit der Membran 5 zu verbinden.

[0037] In Zusammenhang mit der Beschreibung zu den Figuren Fig. 3 und Fig. 4 wird auf eine bevorzugte Ausgestaltung des piezoelektrischen Elements 15 Bezug genommen, die stets dann verwendet wird, wenn aus sicherheitstechnischen Gründen keine leitende Verbindung zwischen dem piezoelektrischen Element 15 und der Membran 5 bzw. dem Gehäuse des Vibrationsdetektors 1 bestehen darf oder wenn die Membran oder das Gehäuse des Vibrationsdetektors 1 aus einem nicht-leitfähigen Material bestehen. Falls nötig wird – wie in der EP 0 985 916 A1 beschrieben – zwischen der Membran 5 und der Masseelektrode ein dielektrisches Material in z. B. der Form einer Steatit-Scheibe angeordnet. Der entsprechende Offenbarungsgehalt der

EP 0 985 916 A1 ist zum Offenbarungsgehalt der vorliegenden Anmeldung zuzurechnen.

[0038] In Fig. 3 ist eine bevorzugte Elektrodenstruktur 24 mit zwei Sendelektroden 20, 21 und zwei Empfangselektroden 18, 19 dargestellt. Die Elektroden 18, 19, 20, 21 sind homogen polarisiert. Jeweils zwei punktsymmetrisch gegenüberliegende Elektroden 18, 19; 20, 21 bilden die Sendelektroden 20, 21 bzw. die Empfangselektroden 18, 19. Aufgrund der Symmetrieverhältnisse der Elektrodenstruktur 24 können die Sendelektroden 20, 21 und die Empfangselektroden 18, 19 problemlos ausgetauscht werden. Dieser Sachverhalt ist in der Fig. 3 symbolisch durch die Anschlußkennzeichnungen E/S bzw. S/E dargestellt. Aufgrund der speziellen Elektrodenstruktur in Verbindung mit der gleichsinnigen Polarisierung der Elektroden werden Gleichstörstörungen, die durch Fremdvibrationen verursacht werden, automatisch eliminiert.

[0039] Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung der elektrischen Kontaktierungen der in den Figuren Fig. 2 bis Fig. 3 gezeigten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Diese Art der Kontaktierung ist selbstverständlich auch für die zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Elektrodenstruktur 24 des piezoelektrischen Elements 15 geeignet. Über die Leiterbahnen (Adern) 25, 26, 27 wird die in Fig. 3 bzw. Fig. 6 gezeigte Kontaktierung der einzelnen Elektroden 18, 19, 20, 21 der Elektrodenstruktur 24 erreicht. Bevorzugt sind die Leiterbahnen 25, 26, 27 in einen sog.

[0040] Flexjumper integriert. Bei dem Flexjumper handelt es sich um ein flexibles Band, über das einzelne Leiterbahnen miteinander verbunden sind. Die Ausgestaltung eines derartigen Flexjumpers ist in der bereits zitierten EP 0 985 916 offenbart.

[0041] In der EP 0 985 916 A1 ist auch die in den Figuren Fig. 3 und in der Fig. 4 gezeigte Ausgestaltung zu sehen, die es ermöglicht, die Masseelektrode ebenso wie die Sendelektroden 18, 19, 20, 21 auf der ersten Seite 16 des piezoelektrischen Elements 15 zu kontaktieren. Die Kontaktierung auf der ersten Seite 16 erfolgt über die Anschlußelektrode 18, die im gezeigten Fall die Form einer verbreiterten Diagonalen aufweist und die über die zylindrische Mantelfläche des piezoelektrischen Elements 15 hinweg in elektrischem Kontakt mit der leitfähigen Schicht 29 auf der zweiten Seite des piezoelektrischen Elements 15 steht. Hierdurch ist es möglich, alle erforderlichen Kontaktierungen in einem einzigen Schritt über ein Reflow-Verfahren zu realisieren, was natürlich zu einer beachtlichen Zeit- und Kosteneinsparung führt.

[0042] In Fig. 5a ist eine Draufsicht auf die erste die Elektrodenstruktur 24 tragende Seite 16 gemäß einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Sendelektrodenstruktur 24 zu sehen. Die beiden Elektroden 19, 20 auf der linken Seite des piezoelektrischen Elements 15 sind entgegengesetzt zu den beiden Elektroden 18, 21 auf der rechten Seite des piezoelektrischen Elements 15 polarisiert.

[0043] In Fig. 5b ist eine Draufsicht auf die zweite die leitfähige Schicht 29 tragende Seite des piezoelektrischen Elements 15 gemäß der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zu sehen. Wie bereits zuvor beschrieben, kann die leitfähige Schicht 29 über die leitfähige Membran 5 und das leitfähige Gehäuse direkt auf Masse liegen. Es ist aber auch möglich, daß die leitfähige Schicht 29 über eine Anschlußelektrode 29 auf der ersten die Elektrodenstruktur 24 tragenden Seite 16 des piezoelektrischen Elements 15 auf Massepotential liegt.

[0044] Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild der zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung (Fig. 5a, Fig. 5b) bzw. der erfindungsgemäßen Sendelektrodenstruktur 24.

heit. Das über den Inverter 22 invertierte Sendesignal liegt an der Sendeelektrode 21 an; das nicht-invertierte Sendesignal liegt an der Sendeelektrode 20 an. An den beiden Sendeelektroden 20, 21 liegen somit Sendesignale an, die betragsmäßig gleich sind aber ein entgegengesetztes Vorzeichen aufweisen. Falls eine Gleichtaktstörung σ (in der Figur gekennzeichnet durch den Index Störung), die beispielsweise durch Netzbrummen und/oder durch Fremdvibrationen verursacht wird, auftritt, wird an der Empfangselektrode 18 ein Signal $E_1 = +\Delta E + \sigma$ und an der Empfangselektrode 19 ein Signal $E_2 = -\Delta E + \sigma$ abgegriffen. Beide Signale werden auf die Eingänge des Differenzverstärkers 23 gegeben, an dessen Ausgang das von der Gleichtaktstörung befreite Signal $E = E_1 - E_2 = +2 \Delta E$ zur Verfügung steht. Mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung, insbesondere also der erfindungsgemäßen Sende-/Empfangseinheit, lassen sich daher Störungen, die auf die beiden punktsymmetrisch angeordneten Elektroden 18, 19; 20, 21 jeweils gleichsinnig einwirken, auf sehr einfache und effektive Art und Weise beseitigen.

[0045] Ein Blockschaltbild einer Rückkopplungsschaltung für die erste Variante der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist übrigens bereits in der bereits mehrfach zitierten EP 0 985 916 A1 offenbart, so daß an dieser Stelle auf die explizite Beschreibung verzichtet werden kann.

Bezugszeichenliste

- 1 Vibrationsdetektor bzw. Dichtesensor
- 2 Schwingfähige Einheit
- 3 Schwingstab
- 4 Schwingstab
- 5 Membran
- 6 Sende-/Empfangseinheit
- 7 Gewinde
- 8 Datenleitung
- 9 Datenleitung
- 10 Regel-/Auswerteeinheit
- 11 Speichereinheit
- 12 Kontrollstelle
- 13 Datenleitung
- 14 Ausgabereinheit
- 15 piezoelektrisches Element
- 16 erste Seite des piezoelektrischen Elements
- 17 zweite Seite des piezoelektrischen Elements
- 18 Empfangselektrode
- 19 Empfangselektrode
- 20 Sendeelektrode
- 21 Sendeelektrode
- 22 Inverter
- 23 Differenzverstärker
- 24 Elektrodenstruktur
- 25 erste Leiterbahn
- 26 zweite Leiterbahn
- 27 dritte Leiterbahn
- 28 Anschlußelektrode
- 29 leitfähige Schicht

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Feststellung und/oder Überwachung des Füllstandes eines Füllguts in einem Behälter bzw. zur Ermittlung einer Prozeßgröße eines Füllguts in dem Behälter, wobei eine an einer Membran befestigte schwingfähige Einheit vorgesehen ist, wobei die schwingfähige Einheit auf der Höhe des vorbestimmten Füllstandes angebracht ist bzw. wobei die schwingfähige Einheit so angebracht ist, daß sie bis zu einer de-

finierten Eintauchtiefe in das Füllgut eintaucht, wobei eine Sende-/Empfangseinheit vorgesehen ist, die die Membran und die schwingfähige Einheit mit einer vorgegebenen Sendefrequenz zu Schwingungen anregt und die die Schwingungen der schwingfähigen Einheit empfängt, und wobei eine Regel-/Auswerteeinheit vorgesehen ist, die das Erreichen des vorbestimmten Füllstandes erkennt, sobald eine vorgegebene Frequenzänderung auftritt bzw. die anhand der Schwingfrequenz der schwingfähigen Einheit die Dichte des Füllguts ermittelt, **dadurch gekennzeichnet**, daß es sich bei der Sende-/Empfangseinheit (6) um ein scheibenförmiges piezoelektrisches Element (15) handelt, auf dessen erster Seite (16) eine Elektrodenstruktur (18) vorgesehen ist, wobei die Elektrodenstruktur (18) zumindest zwei Sendeelektroden (20, 21) und zwei Empfangselektroden (18, 19) aufweist und wobei jeweils die erste Sendeelektrode (20) der zweiten Sendeelektrode (21) bzw. wobei die erste Empfangselektrode (18) der zweiten Empfangselektrode (19) im wesentlichen punktsymmetrisch gegenüberliegt.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeelektroden (20, 21) und/oder die Empfangselektroden (18, 19) der Sende-/Empfangseinheit (6) im wesentlichen formgleich sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeelektroden (20, 21) und/oder die Empfangselektroden (18, 19) die Form von 90°-Kreissegmenten aufweisen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die erste und die zweite Sendeelektrode (20, 21) bzw. daß die erste und die zweite Empfangselektrode (18, 19) entgegengesetzt polarisiert sind.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß ein Inverter (22) vorgesehen ist, der das an einer der beiden Sendeelektroden (20, 21) der Sende-/Empfangseinheit (6) anliegende elektrische Signal invertiert.

6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Differenzverstärker (23) vorgesehen ist, an dessen Eingängen die an den beiden Empfangselektroden (18, 19) abgegriffenen elektrischen Signale anliegen.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Sendeelektroden (20, 21) und die Empfangselektroden (18, 19) der Sende-/Empfangseinheit (6) gleichsinnig polarisiert sind.

8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6 oder nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das piezoelektrische Element (15) auf der zweiten Seite (17), welche der die Elektrodenstruktur (24) tragenden ersten Seite (16) gegenüberliegt, zumindest teilweise mit einer leitfähigen Beschichtung (29) versehen ist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß auf der die Elektrodenstruktur (24) tragenden ersten Seite (16) des piezoelektrischen Elements (15) eine Anschlußelektrode (28) vorgesehen ist, die in zumindest einem Bereich mit der die Masselektrode bildenden leitfähigen Beschichtung (29) auf der zweiten Seite (17) des piezoelektrischen Elements (15) verbunden ist.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

Fig. 1

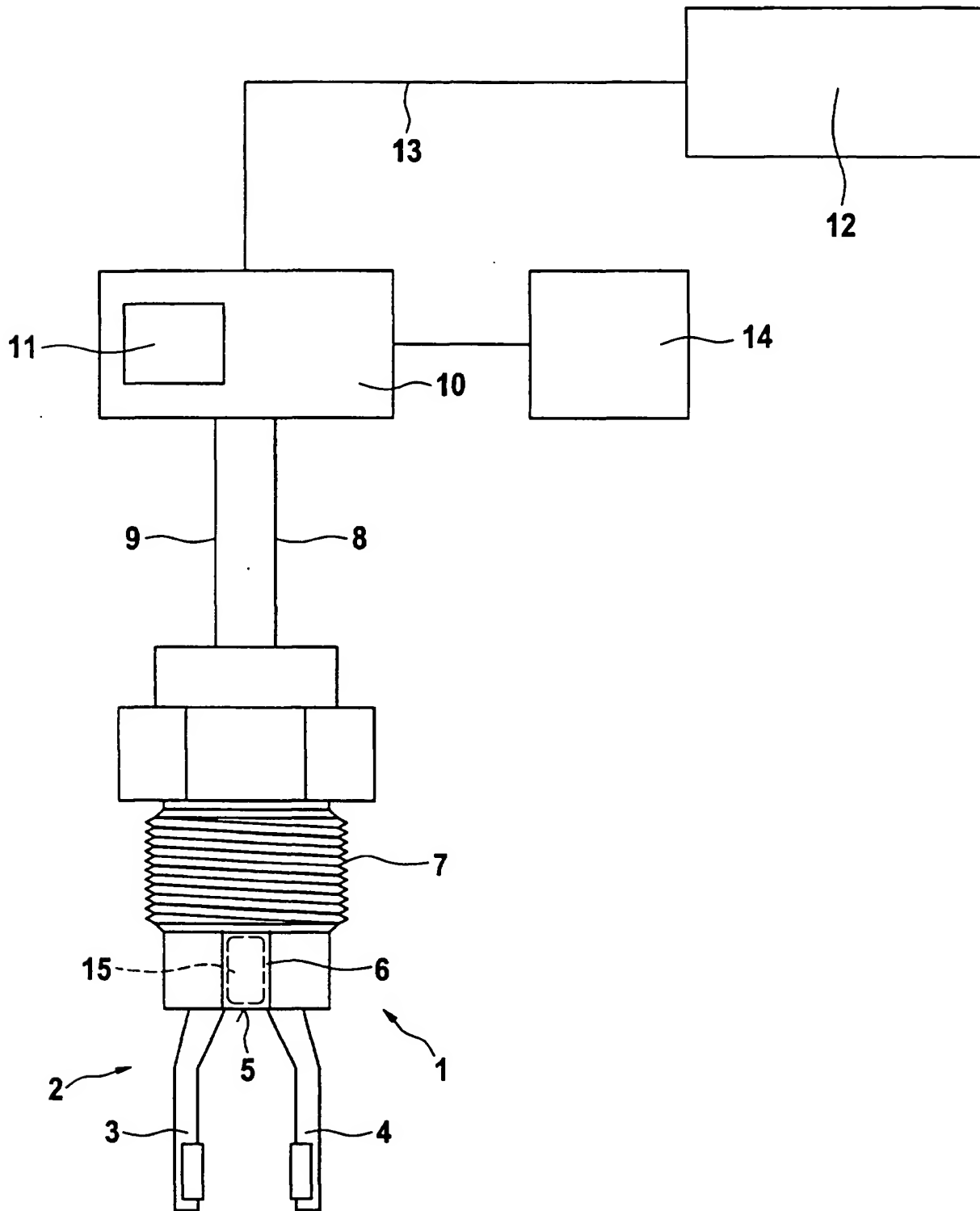


Fig. 2a

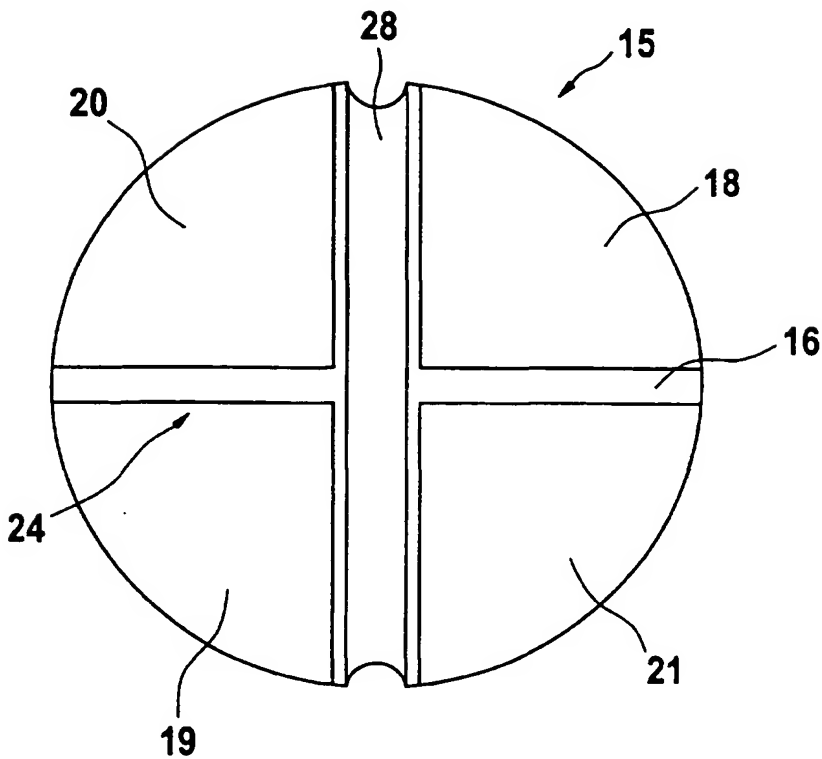


Fig. 2b

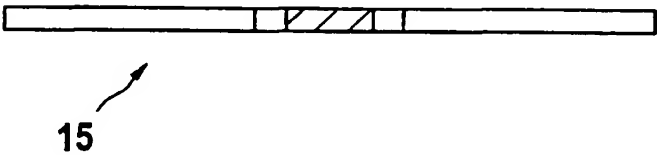


Fig. 2c

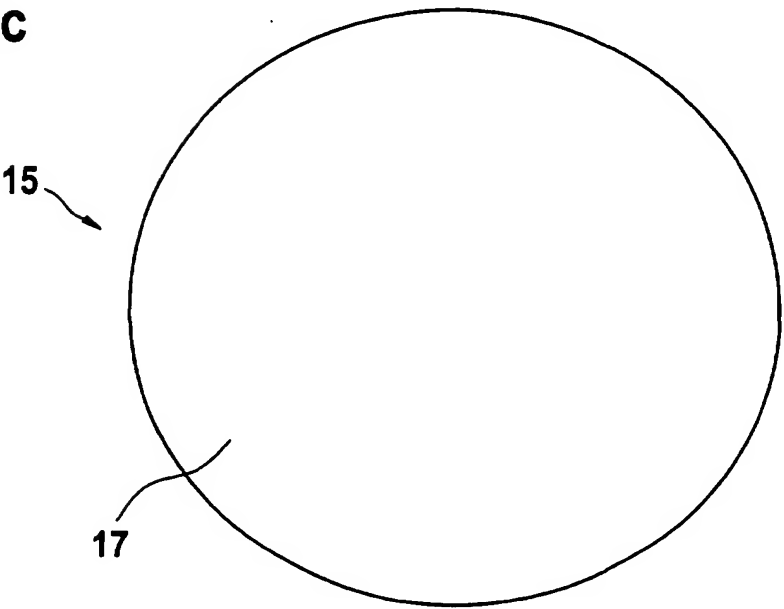


Fig. 3

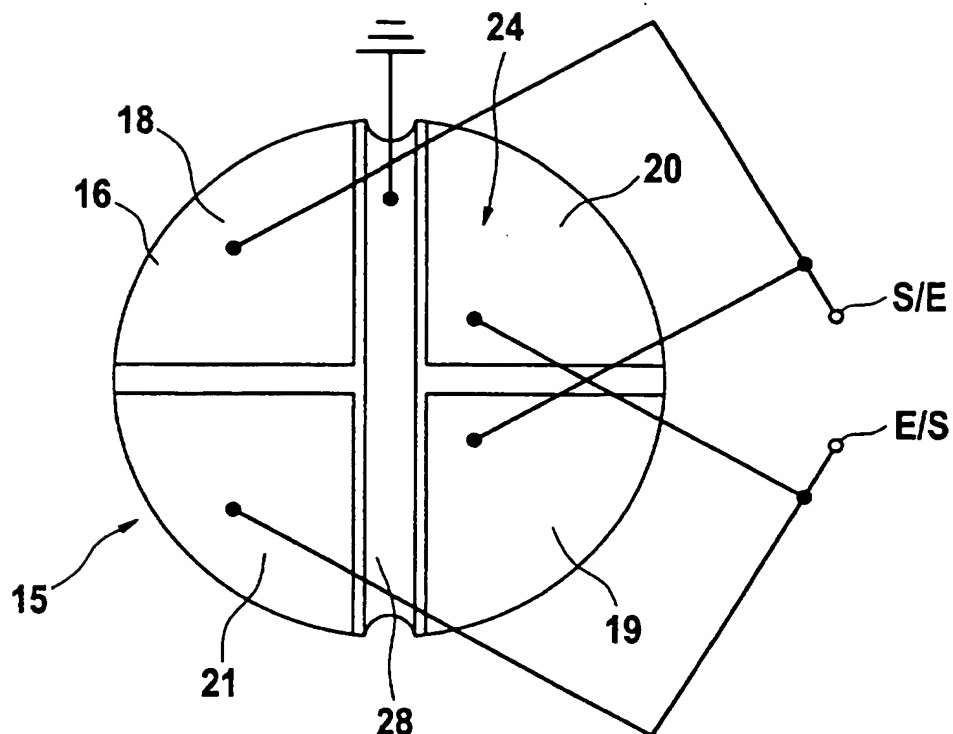


Fig. 4

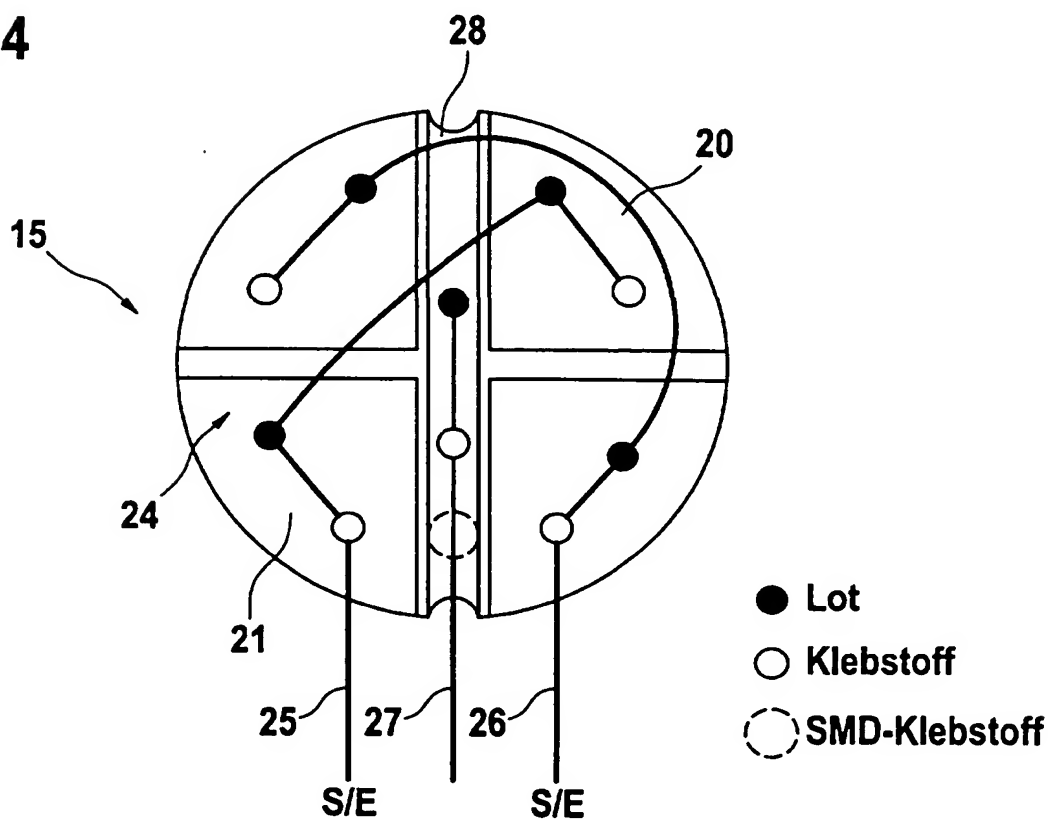


Fig. 5a

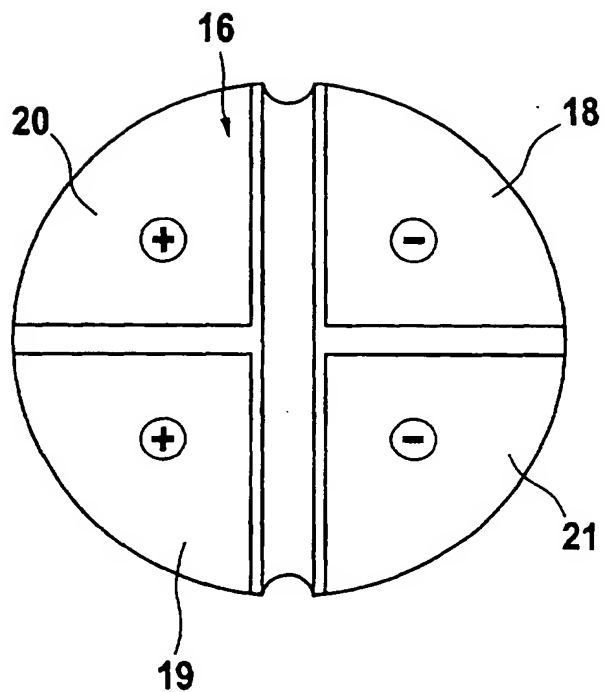
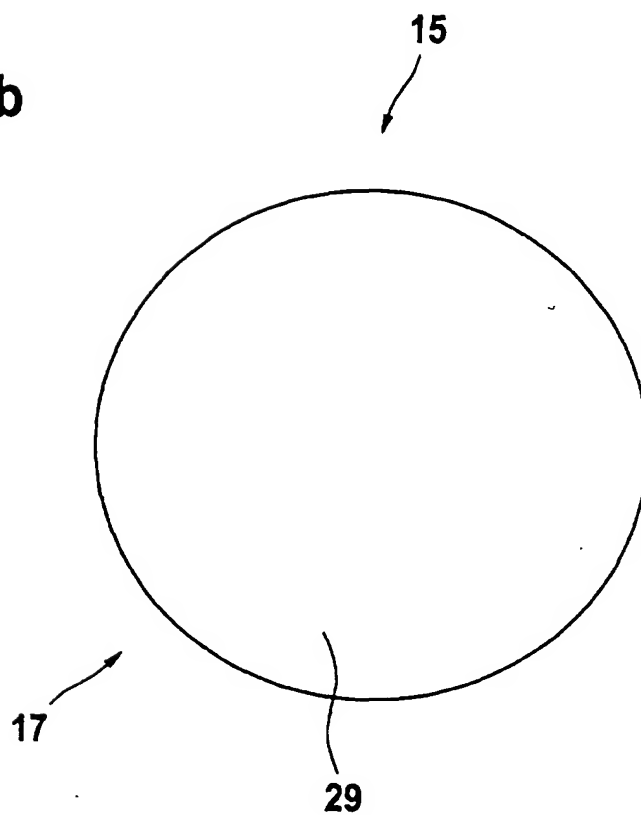
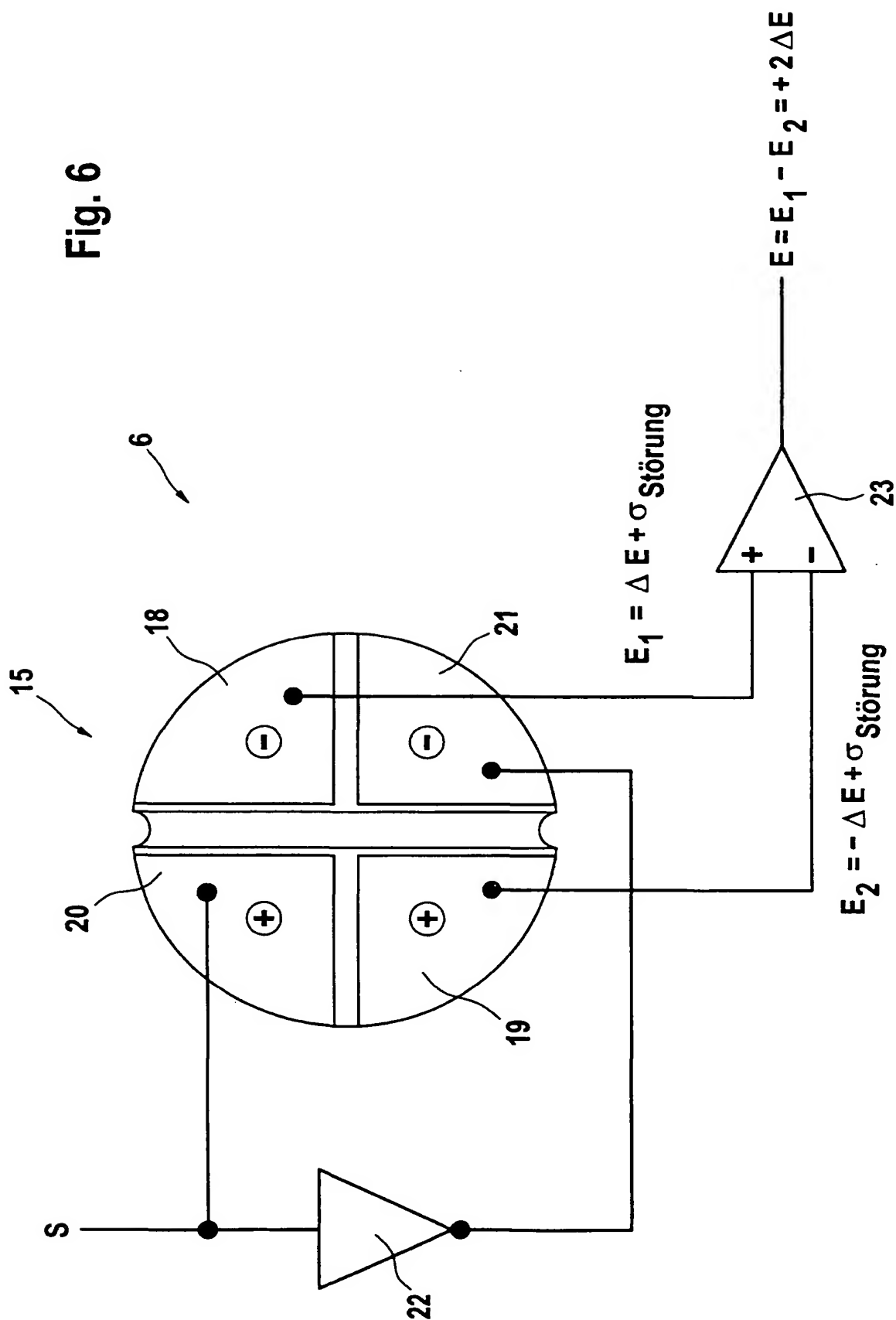


Fig. 5b





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.